

平成 28 年度事前事業評価書

政策所管部局課室名：総合通信基盤局電波部基幹・衛星移動通信課
評価年月：平成 28 年 8 月

1 政策（研究開発名称）

小型旅客機等に搭載可能な電子走査アレイアンテナによる周波数狭帯域化技術の研究開発

2 達成目標等

（1）達成目標

近年、衛星通信を活用した航空機向けブロードバンドサービスの需要が高まっており、特に今後はリージョナルジェットと呼ばれる 50 から 100 名程度の客席の小・中型旅客機の需要が増加することが予想されている。このため、衛星通信システムの高速化と大容量化のために周波数の有効利用が必須の課題となっており、衛星通信アンテナの高性能化が求められている。衛星通信アンテナの高性能化には一般的にはアンテナ開口面積を大きくする必要があるが、従来一般的な機械駆動型のアンテナでは小・中型航空機への搭載は困難となっている。

本研究開発は、小・中型旅客機への搭載が可能な板状のアクティブ電子走査アレイアンテナ¹技術の確立、変調方式の多値化の効果による周波数利用効率(30%以上)の改善により、小・中型旅客機へのブロードバンド衛星通信システムの普及に寄与するとともに、周波数の有効利用の一層の向上を目標とする。

（2）事後評価の予定時期

平成 33 年度に事後事業評価を行う予定。

3 研究開発の概要等

（1）研究開発の概要

・実施期間

平成 29 年度～平成 32 年度（4 年）

・想定している実施主体

民間企業、国立研究開発法人等

・概要

本研究開発は、小・中型旅客機等にも容易に搭載が可能な薄型で高性能な衛星通信アンテナ技術を確認し、変調方式の多値化により周波数の一層の向上を目指すものである。「具体的には、RF 用 ASIC²を使用した厚さ 3cm 以下(目標)の薄型化を実現しつつ、開口サイズを容易に変更できる板状のアクティブ電子走査アレイアンテナ」を開発し、航空機などの実環境にて評価を行い、変調方式の多値化(従来の QPSK³を 8PSK 目標。16QAM の適用可能性についても検討する)の効果により「周波数利用効率が 30%以上改善されること(例. 50MHz あたりのチャンネル数を 14ch から 20ch へ増加)」を確認する。

従来の航空機搭載用の衛星通信アンテナとしては、①機械駆動式のアンテナと②従来型のアクティブ電子走査アレイアンテナがある。①はアンテナ開口面を機械的に駆動してアンテナ指向方向を操作する方式であるため、アンテナ開口が駆動により掃引する体積よりアンテナサイズを小

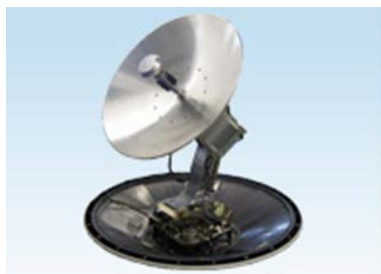
¹ アクティブ電子走査アレイアンテナ：複数のアンテナ素子を配列し、同素子の位相を制御し電波の指向方向を制御するアンテナ。アンテナ素子と移相器との間にアクティブ回路（電源で駆動する増幅回路）を有する。

² RF 用 ASIC: 高周波 (Radio frequency) 用の特定用途向け集積回路 (Application Specific Integrated Circuit)

³ QPSK、8PSK、16QAM: デジタル変調方式の一種

型化できない。また②は電子走査型のため①に比べて薄型化可能であるが、従来のアクティブ電子走査アレイアンテナは、アンテナ素子と高周波回路および高周波を伝送する導波管⁴で構成されているため、薄型化に限界がある上、開口サイズ変更も容易ではない。

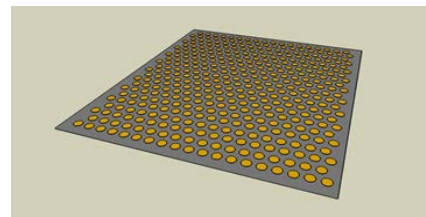
・航空機搭載衛星アンテナの種類



機械駆動式アンテナ



従来型アクティブ電子走査アレイアンテナ



研究開発するアクティブ電子走査アレイアンテナ

本研究開発では、次の研究開発課題を解決することで、小・中型旅客機への搭載が可能な、薄型でスケラブル⁵な、板状アクティブ電子走査アレイアンテナ技術を確認する。

①電力合成分配回路⁶の簡素化

電力合成分配回路の薄型化、スケラブル化を実現する。衛星波であるマイクロ波⁷をベースバンド信号⁸に変換する小型 RF 用 ASIC を開発し、アンテナ素子からのマイクロ波を減衰が少なく波長が長いベースバンド信号に変換する。また、ベースバンド信号の電力を配線基板で簡素にかつ効率的に分配合成する回路方式を開発することで、電力合成分配回路の薄型化、スケラブル化を実現する。

②小型 RF 用 ASIC の設計・製造技術

上記①の電力合成分配回路を実現するためには、アンテナ素子ごとに 1 ch 分の、アンプ、移相器⁹、周波数発振器¹⁰、ミキサの機能を集約した RF 用 ASIC を配置する必要がある。近年微細化が進み、ミリ波・マイクロ波で応用が進みつつある SiGe¹¹を用いた半導体プロセスを採用することで、このような小型・高機能な ASIC を開発する。

③アンテナ素子と RF-ASIC の配線基板による一体化したアンテナ構成技術

アンテナ素子、RF-ASIC を電力合成分配回路を有する RF 用の多層配線基板で一体化することで、薄型かつスケラブルな板状アクティブ電子走査アレイアンテナを実現する。実用上必要な低仰角カバレッジを実現するためのアンテナ素子の近接に関わらず、大規模電磁界解析により高利得なアンテナを実現する。

開発したアンテナを胴体に沿わせて配置させれば、搭載性を悪化させず、開口面積を大きくすることができる。これによりアンテナ利得、アンテナ指向性を向上させ、結果、通信帯域の狭帯域化を可能とする。

また、本研究開発により製作する RF-ASIC の実証モデルを用いてアクティブ電子走査アレイアンテナの受信感度、送信出力、変調精度、消費電力等を評価するとともに、変調方式の多値化(8PSK を目標とし 16QAM の適用可能性についても検討する)についての評価を行い、所要帯域が 30%以上削減(周波数利用効率が 30%以上改善)されることを確認する。

⁴ 導波管：主にマイクロ波の伝送で用いられる、円形または方形の断面を持つ金属製の管

⁵ スケラブル：拡張性が高いこと。ここではアンテナ開口面積を容易に変更可能なこと。

⁶ 電力合成分配回路：アクティブ電子走査アレイアンテナは電力と位相をそれぞれのアンテナ素子に合成又は分配して指向方向を制御しており、そのための回路

⁷ マイクロ波：波長約 30cm から 1mm 以下のサブミリ波までの領域の電磁波。ここでは Ku 帯 (12GHz/14GHz) 及び Ka 帯 (20GHz/30GHz)

⁸ ベースバンド信号：基底帯域の信号という意味で、無線分野では変調前の変調信号や復調直後の信号

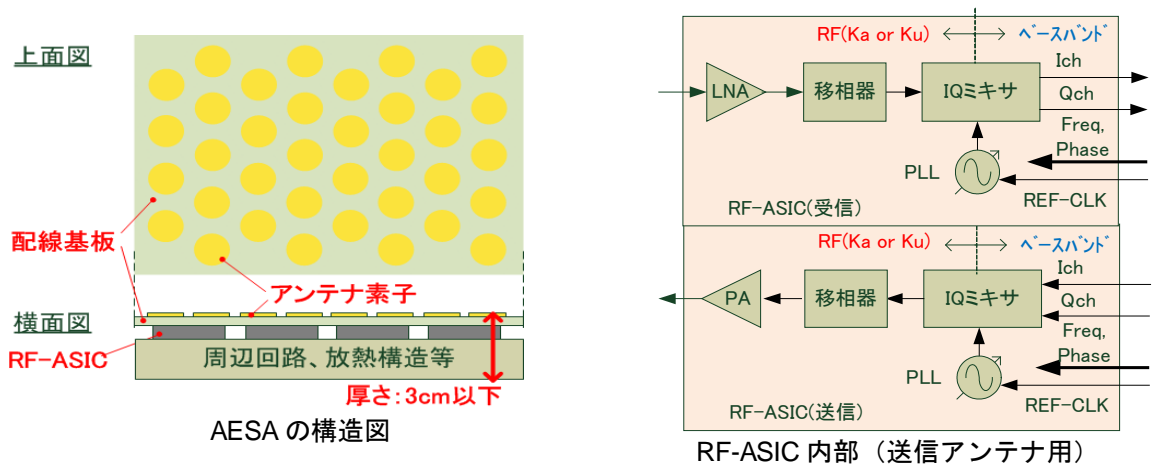
⁹ 位相器：位相を変化させる装置

¹⁰ 周波数発振器：基準となる周波数を発生させる装置

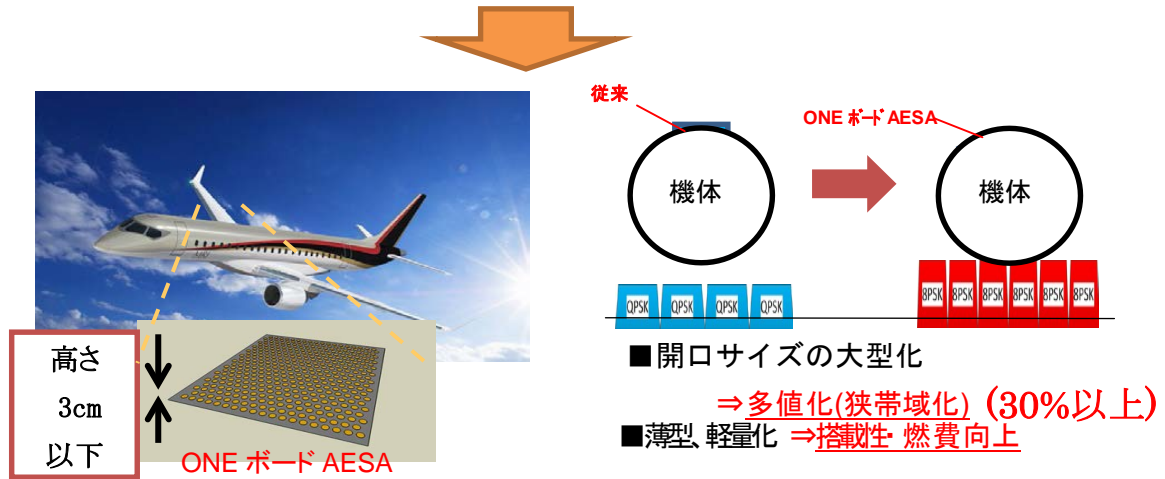
¹¹ SiGe：(シリコンゲルマニウム) とは、シリコンに対し少量のゲルマニウムが添加された半導体素材

・研究開発概要図

○板状アクティブ電子走査アレイアンテナのイメージ



○小型旅客機への実装イメージと効果



・事業費(予定)

約 12.8 億円 (うち、平成 29 年度概算要求額 3.2 億円)

(2) 研究開発の必要性及び背景

現在、航空機向けブロードバンドサービスは Ku 帯 (12GHz/14GHz) が主体であるが、大半の Ku 帯の衛星は基本的には固定衛星通信向けであり、従来の衛星からの電波のビームは広域を照らしており通信速度は、航空機一機当たり上り (~500kbps)、下り (~5 Mbps) 程度が一般的である。最近では狭い範囲向けの電波を複数箇所に照射するマルチスポットビームを採用した HTS 衛星 (High throughput Satellite) ¹²により衛星の性能向上を図り、航空機搭載端末の小形化を図る動きもある。

また、一方では Ka 帯 (20GHz/30GHz) サービスも登場しつつある。インマルサットは船舶、航空機向けにインマルサット GX サービス ¹³を立ち上げつつあり、上りは 5 Mbps, 下りは 50Mbps を計画している。欧米では Ku 帯の周波数が枯渇しつつあることと Ku 帯より高速サービスが提供できる Ka 帯の衛星システムの導入が活発化している。

一方、旅客機向けブロードバンドサービスについては大型機で普及が進みつつあるが、今後リージョナルジェットと呼ばれる 50 から 100 名程度の客席の小・中型旅客機でも需要が増加すると予

¹² HTS 衛星 (High throughput Satellite) : 高速大容量通信衛星

¹³ インマルサット GX サービス (Inmarsat Global Xpress) : インマルサット社の Ka 帯のグローバルサービス

想される。更にスマートフォンやタブレット PC の普及により高速化と回線容量の需要が増加するため周波数の有効利用の一層の向上が必須の課題となっている。

しかしながら、現在では、衛星通信用周波数は世界的にひっ迫しており、かつ、新たな周波数の確保は容易ではないことから、他の衛星や地上の既存のシステムに干渉を与えずに性能を確保するためには、従来の衛星通信用アンテナでは鋭い指向性を確保するため開口サイズを大きくする必要はあるが搭載性の観点からは小サイズのアンテナが求められるため、他システムとの干渉抑制や回線の成立性の問題から狭帯域化が困難という課題があった。たとえば QPSK の変調方式を多値化して 8 PSK を採用すれば 30%以上の狭帯域化が図れるが、一方でアンテナ性能を 3 dB 改善する必要がある。現行の搭載アンテナで 3 dB の改善を図るにはアンテナ開口面積を 2 倍にする必要があるが、従来の一般的な機械駆動型では大型になり搭載困難となる。

そこで本研究開発では近年微細化の進展によりマイクロ波・ミリ波での応用が進む SiGe プロセスを使用して ASIC を開発することで、薄い板状アクティブ電子走査アレイアンテナを開発し、薄型・スケーラブルな移動体衛星通信用アンテナを実現する。これにより柔軟な搭載性を可能としつつ、アンテナを大開口化することで性能を向上し、結果として狭帯域化により周波数利用効率を 30%以上改善する。

(3) 関連する政策、上位計画・全体計画等

- 関連する主要な政策
 - V. 情報通信（ICT 政策） 政策 13「電波利用料財源による電波監視等の実施」
- 閣議決定等の上位計画・全体計画等
 - ・世界最先端 IT 国家創造宣言（平成 25 年 6 月）
 - IV. 利活用の裾野拡大を推進するための基盤の強化
 - 2. 世界最高水準の IT インフラ環境の確保
 - ・電波政策ビジョン懇談会報告書（平成 26 年 12 月）
 - 第 2 章 新しい電波利用の実現に向けた新たな目標設定と実現方策
 - 1 新しい周波数割当ての目標
 - (3) 2020 年代に向けた対応
 - ・電波政策 2020 懇談会報告書（平成 28 年 7 月）
 - 第 2 章 2020 年の社会を支えるワイヤレスサービスの推進
 - 2 ワイヤレスビジネスの成長・海外展開に向けた検討
 - (3) 今後に向けた提言
 - ① 6 つの重点取組分野の実現目標と課題解決に向けた取組
 - (カ) 航空宇宙ビジネス

4 政策効果の把握の手法

(1) 事前事業評価時における把握手法

本研究開発の企画・立案に当たっては、外部専門家・外部有識者から構成される「電波利用料による研究開発等の評価に関する会合」（平成 28 年 7 月 11 日）において、研究開発の必要性、有効性、技術の妥当性、実施体制の妥当性、予算額の妥当性、研究開発の有益性等について外部評価を実施し、政策効果の把握を行った。

(2) 事後事業評価時における把握手法

本研究開発終了後には、外部専門家・外部有識者から構成される「電波利用料による研究開発等の評価に関する会合」において、目標の達成状況や得られた成果等、実施体制の妥当性及び経済的効率性、実用化等の目途等について外部評価を実施し、政策効果の把握を行う。

5 政策評価の観点及び分析

観点	分析
必要性	上記、「3（2）研究開発の必要性及び背景」に記載のとおり。
効率性	<p>本研究開発の実施に当たっては、衛星移動通信システムに関する専門的知識や研究開発遂行能力を有する企業、研究機関等のノウハウを積極的に活用することにより効率的に研究開発を推進することとしており、投資に対して最大の効果が見込める。</p> <p>予算要求段階、提案された研究開発提案を採択する段階、研究開発の実施段階及び研究開発の終了後における実施内容、実施体制及び予算額等について、外部専門家・外部有識者から構成される評価会において評価を行い、効率的に実施することとしている。</p>
有効性	<p>本研究開発の実施により、小・中型旅客機への搭載が可能な板状のアクティブ電子走査アレイアンテナ技術の確立、変調方式の多値化の効果による周波数利用効率(30%以上)の改善がなされることとなる。これにより、小・中型旅客機において衛星通信を活用したブロードバンドサービスの需要に応えるために必要不可欠となる薄型でスケーラブルなアンテナが実現するとともに周波数の狭帯域化が実現されることから、今後普及が見込まれる小・中型旅客機へのブロードバンド衛星通信システムの普及に寄与するとともに、今後需要の増大が見込まれるKu帯、Ka帯域の周波数逼迫を緩和し、周波数の有効利用の一層の向上が推進されることとなる。</p> <p>よって、本研究開発には有効性がある。</p>
公平性	<p>「電波政策ビジョン懇談会報告書」においても、6GHz以上の周波数帯について第5世代移動通信システムでの活用を念頭に、現在、固定・衛星系等で使われている14GHz帯/28GHz帯等を対象に、諸外国の動向等を踏まえつつ、当該周波数帯の利用に関する研究・標準化等を進めた上で、移動通信システムに今後必要となる周波数幅を確定・確保していくことが適当とされており、これらの周波数帯のひっ迫対策となることから、周波数の有効利用の一層の向上に寄与するものであり、広く無線局免許人や無線通信の利用者の利益となる。また、小・中型旅客機において衛星通信を活用したブロードバンドサービスの需要に応えることができ、広く国民の利益になることが見込まれる。</p> <p>本研究開発の実施に当たっては、開示する基本計画に基づき広く提案公募を行い、提案者と利害関係を有しない複数の有識者により審査・選定する予定である。</p> <p>よって、本研究開発は、公平性があると認められる。</p>
優先性	<p>スマートフォンやタブレットPCの普及により、今後、小・中型旅客機でも旅客機向けブロードバンドサービスの需要が増加すると予想されているが、本研究開発は、小・中型旅客機へのブロードバンド衛星通信システムの普及のために必要不可欠なものであり、早期の実現が求められている。</p> <p>「電波政策2020懇談会報告書」においても、「ワイヤレスビジネスによる国内成長・海外展開政策の基本的な考え方として、将来新たな市場の創出を見込んでいる場合には、当面の研究開発に集中するなど、市場環境や我が国の当該分野における技術レベルに即した施策を講じることが必要である。」としておりその重点分野の一つとして「ワイヤレス海外新市場の創出としてリージョナル航空機でも搭載可能な薄型・スケーラブルな衛星アンテナや周波数狭帯域効率化を図る技術開発を進める」及び「中型ジェット機に搭載可能なアンテナの開発等を通じ、航空機へのメイドインジャパンの無線機器・システムの実装を図る」とされていることから本研究開発は、優先的に実施していく必要がある。</p> <p>よって、本研究開発には優先性が認められる。</p>

6 政策評価の結果

本研究開発の実施により、小・中型旅客機に搭載が可能な板状のアクティブ電子走査アレイアンテナ技術を確立するとともに、変調方式の多値化の効果による周波数利用効率(30%以上)の改善により、小・中型旅客機において衛星通信を活用したブロードバンドサービスの需要に応えるために必要不可欠となる薄型でスケーラブルなアンテナが実現するとともに、周波数の狭帯域化が実現されることから、今後普及が見込まれる小・中型旅客機へのブロードバンド衛星通信システムの普及に寄与するとともに、今後需要の増大が見込まれるKu帯、Ka帯域の周波数逼迫を緩和し、周波数の有効利用の一層の向上が図られる。

さらには、これらのアンテナの開発等を通じ航空機へのメイドインジャパンの無線機器・システム

の実装を図ることが期待されるものである。また、本アクティブ電子走査アレイアンテナの技術は、Ka 帯等の利用が想定される第5世代移動通信システムの需要にも応用可能な技術である。

以上より、本研究開発には、必要性、有効性があると認められる。

7 政策評価の結果の政策への反映方針

評価結果を受けて、平成29年度予算において、「小型旅客機等に搭載可能な電子走査アレイアンテナによる周波数狭帯域化技術の研究開発」として所要の予算要求を検討する。

8 学識経験を有する者の知見の活用

「電波利用料による研究開発等の評価に関する会合」（平成28年7月11日）において、本研究開発の必要性、有効性、技術の妥当性、実施体制の妥当性、予算額の妥当性、研究開発の有益性等について外部評価を実施し、「小・中型航空機への搭載のために衛星アンテナの性能改善技術の確立を目指す。今後益々需要が高まる分野であり、必要である」、「航空機内の通信需要の増加や5G用アクティブアンテナ技術の需要などを考えると、時宜にかなった開発課題である」等の御意見を頂いており、本研究開発を実施する必要性が高いこと、効率性及び有効性等が確認された。このような有識者からの御意見を本評価書の作成に当たって活用した。

9 評価に使用した資料等

- 電波資源拡大のための研究開発の実施
<http://www.tele.soumu.go.jp/j/sys/fees/purpose/kenkyu/index.htm>
- 世界最先端IT国家創造宣言（平成25年6月）
<http://www.kantei.go.jp/jp/singi/it2/decision.html>
- 「電波政策ビジョン懇談会」（平成26年12月）
http://www.soumu.go.jp/menu_news/s-news/01kiban09_02000151.html
- 電波政策2020懇談会報告書（平成28年7月）
http://www.soumu.go.jp/main_sosiki/kenkyu/denpa_2020/index.html